

# 冲刺



## 奥林匹克竞赛 高中物理 解题指导

总主编 何舟  
本书主编 叶冬陵



精解奥赛名题

预测命题趋势

一代名师

为你的冲刺引路

为你的成功喝彩

吉林教育出版社

# 冲刺



## 奥林匹克竞赛 解题指导

高中物理

总主编 何舟  
本书主编 叶冬陵  
撰稿 杨利球 冯波 简觉民



MAF68/12

吉林教育出版社

(吉)新登字 02 号

封面设计:周建明

责任编辑:王世斌 赵明霞

冲刺金牌奥林匹克解题指导  
高中物理

总主编 何舟

本册主编 叶冬陵



吉林教育出版社 出版 发行

南京四彩印刷有限公司印刷 新华书店经销



开本:850×1168 毫米 1/32 印张:12.375 字数:408 千字

2002 年 8 月吉林第 1 版 2002 年 8 月江苏第 1 次印刷

本次印数:14000 册

ISBN 7 - 5383 - 4334 - 2/G·3955

定价:14.80 元

凡有印装问题,可向承印厂调换

# 冲刺金牌

## 权威作者、策划人阵容

总主编：何舟

各册主编

### 名牌大学

- 马传渔 南京大学数学系教授、国家级奥林匹克教练  
丁 漪 南京大学化学化工学院教授、国家级奥林匹克教练  
倪其道 中国科技大学化学与材料学院教授、国家级奥林匹克教练  
葛 军 南京师大数学与计算机学院副教授、国家级奥林匹克教练  
殷 实 东南大学物理系教授  
汪 忠 南京师大生命科学学院教授  
张德钧 南京师大化学与环境科学学院享受国务院特殊津贴学者

### 金牌之乡

湖南省

- 叶冬陵 湖南省长沙市周南中学高级教师 黄其实 湖南省长沙市教科所特级教师  
朱泌太 湖南省长沙市明德中学特级教师 朱景钧 湖南省长沙市第十六中学高级教师  
高建军 湖南省长沙市第一中学高级教师、奥林匹克教练

江苏省

- 丁志祥 江苏省南通第一中学高级教师 刘友开 江苏省淮安市教委高级教师  
周桂良 江苏省常州市教研室特级教师 南 冲 江苏省物理学会秘书长  
杨维中 江苏省南京市教研室特级教师 臧继宝 江苏省南京市市政府督学  
冯惠愚 江苏省南京市雨花台中学特级教师、奥林匹克教练  
岑 芳 江苏省南京市教研室高级教师、奥林匹克教练  
孙夕礼 江苏省南京市教研室高级教师、奥林匹克教练

浙江省

- 任学宝 浙江省杭州市学军中学特级教师、奥林匹克教练

北京市

- 邓 均 北京大学附属中学奥林匹克一级教练 陈效师 中国少年儿童出版社编审  
李新黔 北京市中国人民大学附属中学特级教师 王俊鸣 北京市第十二中学特级教师

安徽省

- 宋世骏 安徽省马鞍山市教研室特级教师 张善福 安徽省合肥市庐阳区教研室高级教师  
俞成功 安徽省合肥市教研室高级教师 杨盛楠 安徽省安庆市教研室高级教师  
胡祖明 安徽省安庆市第一中学特级教师 马云霞 安徽省马鞍山市教研室高级教师  
李富彩 安徽省合肥市庐阳区教研室特级教师



## 结识名教练

# 冲刺金牌

### 主编简介



叶冬陵

中学物理高级教师，任教于湖南省属重点中学长沙市周南中学；曾任长沙市物理学会理事长。自1984年以来，多次

参加长沙市物理竞赛参赛选手的培训工作。

曾翻译《控制论的数学基础》一书；参与主编《物理重点难点导学手册》，并负责初二分册、初三分册、高三分册的编写；还参与了《初中物理奥林匹克竞赛辅导》《物理奥林匹克竞赛讲义》（高中版）、《高考3+X专题总结与综合能力训练》（物理分册）等书的编写。





叶冬陵

全国中学生物理竞赛是在中国科协领导下,由中国物理学会主办,中学生自愿参加的群众性的课外学科竞赛活动。竞赛的目的是培养中学生学习物理的主动性和兴趣,改进学习方法,提高学习能力。这一活动有利于学校开展多样化的物理课外活动,活跃学习气氛,促进学生创新意识和实践能力的发展;对于及时地发现、选拔和培养具有突出才能的青少年,也具有重要而深远的意义。

这一竞赛活动开始于1984年,每学年举行一次,至今已有18届。由第二届开始,从决赛中一、二等奖获得者中选出部分选手组成集训队,进行短期培训,参加国际物理奥林匹克竞赛。1986年,我国首次参加了在英国举行的第17届国际物理奥林匹克竞赛,3名选手全部获奖。在以后的历届国际竞赛中,我国每年派5名选手参加,至今共派出78人,全部获奖,其中金牌48块、银牌19块、铜牌9块,位居各参赛国前列。

18年来,全国中学生物理竞赛受到了广大师生的欢迎和社会各界的好评,也为高等学校培养和输送了一大批优秀人才。

按照中国物理学会全国中学生物理竞赛委员会制定的《全国中学生物理竞赛章程》中的命题原则,题目的内容不必拘泥于现行的教学大纲和统编教材。在竞赛内容上,虽然大部分不超出现行高中教材的范围,但侧重于对教材的加深和拓宽,侧重于运用物理知识去分析和解决层次更深和要求更高的物理问题。因此,物理竞赛题往往都具有综合面广、灵活性大、题型新颖的特点。有志于冲刺物理学科竞赛奖牌的学生,面对着大量习题,是陷入茫茫的“题海”之中,还是有选择地攀登“题山”之峰?是追求做题的数量,还是掌握解题的规律和方法,真正做到举一反三、触类旁通?这是广大学生关注的问题。

本书紧扣竞赛中的命题要求,在现有中学物理教学大纲和教材





的基础上,以各种竞赛题为依据,帮助学生在较短的时间内攀登“题山”高峰,跨越式地发展能力,提高素质。

本书中的“规律提示”除了提炼、归纳每一单元的知识要点外,着重介绍“教学大纲和教材中被加深和拓宽”的部分,帮助学生在头脑中构建一个清晰的知识框架,打下扎实的知识基础。

为了体现本书以能力立意的特点,每单元设置了“技法精讲”,向学生介绍解答物理问题时的思维方法和解题技巧,帮助学生提高分析问题和解决问题的能力。这些方法与技巧的熟练掌握与灵活运用,将突破物理的范畴,应用于其他学科,甚至于终身受益。

本书从国内外浩如烟海的竞赛题中精选了部分具有典型意义的习题进行“解题指导”。在“精析”时,着重介绍如何建立物理模型,如何挖掘隐含条件,如何运用数学工具,如何寻找最佳解题途径;特别是在解题过程中进行“评注”,指出在思考和解题过程中的关键所在,真正起到画龙点睛的作用。

每讲都设“同步训练”,以帮助同学们巩固基础知识和基本技能。在这些题目中也有一些难度较大的,那些真正掌握了本书精髓的同学,一定能从对这些题目的独立解答中享受到成功的喜悦。

本书在编写过程中,得到了全国中学生物理竞赛委员会委员、湖南省竞赛委员会主任、湖南省物理学会副秘书长黄国明副教授的大力帮助,在此深表谢意!





# 全国中学生物理竞赛内容提要

## 一、理论基础

### 力 学

#### 1. 运动学

参照系 质点运动的位移和路程、速度、加速度 相对速度 矢量和标量 矢量的合成和分解 匀速及匀变速直线运动及其图象 运动的合成 抛体运动 圆周运动 刚体的平动和绕定轴的转动 ※质心 质心运动定理

#### 2. 牛顿运动定律 力学中常见的几种力

牛顿第一、二、三运动定律 惯性参照系的概念 摩擦力 弹性力 胡克定律 万有引力定律 均匀球壳对壳内和壳外质点的引力公式（不要求导出）开普勒定律 行星和人造卫星运动 ※惯性力的概念

#### 3. 物体的平衡

共点力作用下物体的平衡 力矩 刚体的平衡条件 重心 物体平衡的种类

#### 4. 动量

冲量 动量 动量定理 动量守恒定律 反冲运动及火箭

#### 5. ※冲量矩※质点和质点组的角动量※角动量守恒定律

#### 6. 机械能

功和功率 动能和动能定理 重力势能 引力势能 质点及均匀球壳内和壳外的引力势能公式（不要求导出） 弹簧的弹性势能 功能原理 机械能守恒定律 碰撞

#### 7. 流体静力学

静止流体中的压强 浮力

#### 8. 振动

简谐振动 [ $x = A\cos(\omega t + \alpha)$ ] 振幅 频率和周期 相位振动的图象

参考圆 振动的速度和加速度 由动力学方程确定简谐运动的频率 阻尼振动 受迫振动和共振（定性了解）

#### 9. 波和声

横波和纵波 波长、频率和波速的关系 波的图象 波的干涉和衍射（定性） ※驻波 声波 声音的响度、音调和音品 声音的共鸣 乐音和噪声 ※多普勒效应







## 热 学

### 1. 分子动理论

原子和分子的量级 分子的热运动 布朗运动 温度的微观意义  
分子力 分子的动能和分子间的势能 物体的内能

### 2. 热力学第一定律

热力学第一定律

### 3. ※热力学第二定律

※热力学第二定律 ※可逆过程与不可逆过程

### 4. 气体的性质

热力学温标 理想气体状态方程 普适气体恒量 理想气体状态方程  
的微观解释(定性) 理想气体的内能 理想气体的等容、等压、等温和绝热  
过程(不要求用微积分运算)

### 5. 液体的性质

液体分子运动的特点 表面张力系数 浸润现象和毛细现象(定性)

### 6. 固体的性质

晶体和非晶体 空间点阵 固体分子运动的特点

### 7. 物态变化

熔解和凝固 熔点 熔解热 蒸发和凝结 饱和气压 沸腾和沸点  
汽化热 临界温度 固体的升华 空气的湿度和湿度计 露点

### 8. 热传递的方式

传导、对流和辐射

### 9. 热膨胀

热膨胀和膨胀系数

## 电 学

### 1. 静电场

库仑定律 电荷守恒定律 电场强度 电场线 点电荷的场强 场强  
叠加原理 均匀带电球壳内的场强和壳外的场强公式(不要求导出) 匀  
强电场 电场中的导体 静电屏蔽 电势和电势差 等势面 点电荷电场  
的电势公式(不要求导出) 电势叠加原理 均匀带电球壳内和壳外的电  
势公式(不要求导出) 电容 电容器的连接 平行板电容器的电容公式  
(不要求导出) 电容器充电后的电能 电介质的极化 介电常数

### 2. 稳恒电流

欧姆定律 电阻率和温度的关系 电功和电功率 电阻的串、并联  
电动势 闭合电路的欧姆定律 一段含源电路的欧姆定律 ※基尔霍夫定  
律 电流表 电压表 欧姆表 惠斯通电桥 补偿电路





### 3. 物质的导电性

金属中的电流 欧姆定律的微观解释 液体中的电流 法拉第电解定律  
 气体中的电流 被激放电和自激放电(定性) 真空中的电流 示波器  
 半导体的导电特性 P型半导体和N型半导体 晶体二极管的单向导电性  
 三极管的放大作用(不要求机理) 超导现象

### 4. 磁场

电流的磁场 磁感强度 磁感线 匀强磁场 安培力 洛伦兹力 电子荷质比的测定 质谱仪 回旋加速器

### 5. 电磁感应

法拉第电磁感应定律 楞次定律 \*感应电场(涡旋电场) 自感系数  
 互感和变压器

### 6. 交流电

交流发电机原理 交流电的最大值和有效值 纯电阻、纯电感、纯电容  
 电路 整流、滤波和稳压 三相交流电及其连接法 感应电动机原理

### 7. 电磁振荡和电磁波

电磁振荡 振荡电路及振荡频率 电磁场和电磁波 电磁波的波速  
 赫兹实验 电磁波的发射和调制 电磁波的接收、调谐、检波

## 光 学

### 1. 几何光学

光的直进、反射、折射 全反射 光的色散 折散率与光速的关系 平面  
 镜成像 球面镜成像公式及作图法 薄透镜成像公式及作图法 眼睛  
 放大镜 显微镜 望远镜

### 2. 波动光学

光的干涉和衍射(定性) 光谱和光谱分析 电磁波谱

### 3. 光的本性

光的学说的历史发展 光电效应 爱因斯坦方程 光的波粒二象性

## 近代物理

### 1. 原子结构

卢瑟福实验 原子的核式结构 玻尔模型 用玻尔模型解释氢光谱  
 玻尔模型的局限性 原子的受激辐射 激光

### 2. 原子核

原子核的量级 天然放射现象 放射线的探测 质子的发现 中子的  
 发现 原子核的组成 核反应方程 质能方程 裂变和聚变 “基本”粒子  
 \*夸克模型

3. \*不确定关系 \*实物粒子的波粒二象性





4. ※狭义相对论 爱因斯坦假设 时间和长度的相对论效应

$$p = mv = m_0 \sqrt{1 - (v/c)^2}, E = mc^2$$

5. ※太阳系 银河系 宇宙和黑洞的初步知识

## 数学基础

1. 中学阶段全部初等数学(包括解析几何)
2. 矢量的合成和分解 极限、无限大和无限小的初步概念
3. 不要求用微积分进行推导或运算

## 二、实验基础

1. 要求掌握国家教委制订的《全日制中学物理教学大纲》中的全部学生实验。

2. 要求能正确地使用(有的包括选用)下列仪器和用具:

米尺 游标卡尺 螺旋测微器 天平 秒表 温度计 量热器 电流表 电压表 欧姆表 万用电表 电池 电阻箱 变阻器 电容器 变压器 开关 二极管 光具座(包括平面镜、球面镜、棱镜、透镜等光学元件在内)。

3. 有些没有见过的仪器,要求能按给定的说明书正确使用,例如电桥、电势差计、示波器、稳压电源、信号发生器等。

4. 除了国家教委制订的《全日制中学物理教学大纲》中规定的学生实验外,还可安排其他的实验来考查学生的实验能力,但这些实验所涉及到的原理和方法不应超过本提要第一部分(理论基础),而所用仪器应在上述第2、3指出的范围内。

5. 对数据处理,除计算外,还要求会用作图法。关于误差,只要求直读示数时的有效数字和误差、计算结果的有效数字(不作严格的要求)和主要系统误差来源的分析。

## 三、其他方面

物理竞赛的内容有一部分有较大的开阔性,主要包括以下方面:

1. 物理知识在各方面的应用. 对自然界、生产和日常生活中一些物理现象的解释。
2. 近代物理的一些重大成果和现代的一些重大信息。
3. 一些有重要贡献的物理学家的姓名和他们的主要贡献。





# 目 录

主编寄语 ..... (1)

全国中学生物理竞赛内容提要 ..... (1)

## 第一讲

### 物体的平衡

1

规律提示 .....	(1)
技法精讲 .....	(2)
解题指导 .....	(8)
同步训练 .....	(13)

## 第二讲

### 运动学

19

规律提示 .....	(19)
技法精讲 .....	(20)
解题指导 .....	(25)
同步训练 .....	(31)

## 第三讲

### 动力学

37

规律提示 .....	(37)
技法精讲 .....	(38)
解题指导 .....	(44)
同步训练 .....	(52)

## 第四讲

### 功和能

57

规律提示 .....	(57)
技法精讲 .....	(58)
解题指导 .....	(63)
同步训练 .....	(70)



第五讲

冲量和动量

75

规律提示 .....	(75)
技法精讲 .....	(76)
解题指导 .....	(79)
同步训练 .....	(87)

第六讲

圆周运动和万有引力

96

规律提示 .....	(96)
技法精讲 .....	(97)
解题指导 .....	(104)
同步训练 .....	(116)

第七讲

振动和波

123

规律提示 .....	(123)
技法精讲 .....	(123)
解题指导 .....	(128)
同步训练 .....	(139)

第八讲

物体的性质

145

规律提示 .....	(145)
技法精讲 .....	(146)
解题指导 .....	(149)
同步训练 .....	(158)

第九讲

热力学第一定律

163

规律提示 .....	(163)
技法精讲 .....	(165)
解题指导 .....	(167)
同步训练 .....	(173)



## 第十讲

## 静 电 学

177

规律提示	(177)
技法精讲	(178)
解题指导	(182)
同步训练	(195)

## 第十一讲

## 稳 定 电 流

200

规律提示	(200)
技法精讲	(201)
解题指导	(205)
同步训练	(223)

## 第十二讲

## 磁 场

229

规律提示	(229)
技法精讲	(230)
解题指导	(233)
同步训练	(249)

## 第十三讲

## 电 磁 感 应

254

规律提示	(254)
技法精讲	(255)
解题指导	(258)
同步训练	(275)

## 第十四讲

## 交 流 电 与 电 磁 波

280

规律提示	(280)
技法精讲	(280)
解题指导	(283)
同步训练	(295)







## 第十五讲

## 几何光学

299

规律提示	.....	(299)
技法精讲	.....	(301)
解题指导	.....	(303)
同步训练	.....	(324)

## 第十六讲

## 物理光学

330

规律提示	.....	(330)
技法精讲	.....	(332)
解题指导	.....	(332)
同步训练	.....	(344)

## 第十七讲

## 原子物理

349

规律提示	.....	(349)
技法精讲	.....	(350)
解题指导	.....	(350)
同步训练	.....	(359)

高中物理奥林匹克竞赛模拟试卷一	.....	(362)
高中物理奥林匹克竞赛模拟试卷二	.....	(364)
高中物理奥林匹克竞赛模拟试卷三	.....	(366)

参 考 答 案	.....	(369)
---------	-------	-------



# 第一讲 物体的平衡



本讲主要针对竞赛热点知识内容作一概述,中学教学《大纲》中详述过的知识内容不再列举。

## 1. 弹簧的组合使用

两根劲度系数分别为  $K_1$ 、 $K_2$  的弹簧,串联后的劲度系数可由  $\frac{1}{K} = \frac{1}{K_1} + \frac{1}{K_2}$  求得,并联后劲度系数为  $K = K_1 + K_2$ 。

## 2. 重心和质心

重心就是重力对物体合力的作用点,质心即物体的质量中心,一般而言两者的位置是重合的,竞赛主要涉及其位置的确定。

## 3. 摩擦力

这一知识点主要包括摩擦力方向的判断、摩擦力作用时间的确定、及摩擦角的性质等问题。令摩擦因数  $\mu$  等于某一角度  $\varphi$  的正切,即  $\mu = \tan \varphi$ ,这个  $\varphi$  角就称为摩擦角。在临界摩擦(将要发生滑动)状态下,最大静摩擦力  $f_m$  与正压力  $N$  的合力  $R$ (简称全反力)和  $N$  的夹角即摩擦角  $\varphi$ 。

## 4. 力的合成与分解

除掌握平行四边形定则(或三角形法则)外,竞赛中还应注意掌握以下两点:

### (1) 多边形法则。

多个共点共面的力合成,可把一个力的始端依次画到另一个力的终端,则从第一个力的始端到最后一个力的终端的连线就表示这些力的合力。如图 1-1 所示。

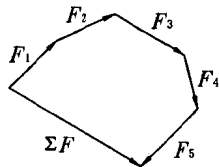


图 1-1

### (2) 力偶、力偶矩。

力偶是由两个等值、反向的平行力组成,如图 1-2 所示。力偶不能与一个力等效。力偶中的一个力与力偶臂(两力作用线之间的垂直距离)的乘积叫做力偶矩。

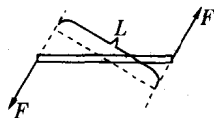


图 1-2

## 5. 刚体的平衡

平衡的条件:(1)合力为零,即  $\Sigma F = 0$ ; (2)对任一转动





轴的力矩的代数和为零,即  $\Sigma M = 0$ .

物体的平衡分为稳定平衡、不稳平衡和随遇平衡三种.

### 技法讲

本讲内容是整个中学物理的基础,其中涉及的有关解题技巧和方  
法,对后面知识的学习起着很重要的作用,本讲内容主要用到以下一  
些技法:

#### 1. 受力分析的整体法和隔离法

所谓整体法就是对物理问题涉及的整个系统或整个过程进行分析研究的方  
法.隔离法就是对物理问题中的某个研究对象、某个物理过程或状态从系统和全  
过程中隔离出来进行分析研究的方法.

一般对于两个或两个以上的物体组成的平衡系统,根据题设条件与求解目  
标选用恰当的受力分析方法能使解题过程简捷明了.

例1 如图1-3所示,光滑无底圆筒重  $W$ ,内放两个各重为  $P$  的光滑球,圆  
筒内径为  $d$ ,球半径为  $R$ ,且  $\frac{d}{2} < R < d$ ,试求圆筒发生倾倒的条件.

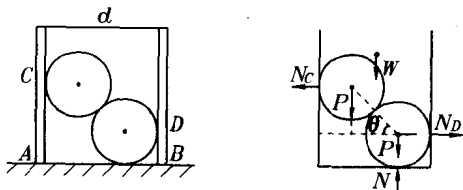


图 1-3

**分析和解:**此题按一般的思路,先分别隔离两球,求出它们对圆筒在  $C$ 、 $D$  两  
处的压力  $N_C = P \cot \theta$ ,  $N_D = P \cot \theta$  (这一求解过程较为复杂,读者可以试一试),再  
对圆筒分析,若倾倒则以  $A$  为轴转动,列出力矩平衡方程

$$N_D \cdot R + W \cdot \frac{d}{2} = N_C \cdot (R + 2R \sin \theta).$$

从而解得

$$\frac{P}{W} \geq \frac{d}{2(d - 2R)}.$$

巧解的思路:若以圆筒和两球作为一整体,刚好倾倒时则这一整体的转轴为  
 $A$ .此时只有两个小球的重力  $P$ 、圆筒的重力  $W$  及地面支持力  $N$  对  $A$  有力矩( $C$ 、  
 $D$  两处的力为内力),可以直接列出表达式

$$N(d - R) \geq P \cdot R + P(d - R) + W \frac{d}{2}.$$

又因为  $N = 2P$  (两小球组合对地的压力为  $2P$ ),